

# RST Invariant Image Watermarking

이정수<sup>o</sup> 이한호 장재영 김종현

마크애니연구소

{jslee<sup>o</sup>, sslh2, ahoka, jwkim}@markany.com

## RST Invariant Image Watermarking

Jungsoo Lee<sup>o</sup> Hanho Lee, Jaeyoung Jang Jongweon Kim

MarkAny Research Institute

### 요약

본 논문에서는 기하학적인 변형에 강인하고 멀티비트 정보를 삽입할 수 있는 이미지 워터마킹 방법을 제안한다. 멀티비트 정보를 삽입하기 위해 이미지와 Base watermark와의 상관 특성을 나타내는 피크의 위치정보를 이용한다. 기하학적인 변형에 대비하기 위해서는 RS 정보를 따로 삽입하게 되는데, 워터마크 이미지로부터 이 RS정보를 추출함으로써 변형 정보를 뽑아낼 수 있게 된다. 제안된 방법의 성능을 테스트 하기 위해 다양한 기하학적인 변형을 이미지에 가한 후 멀티비트 정보를 뽑아낼 수 있는지 알아본다. 실험을 통해 본 논문에서 제안한 방법이 기하학적인 변형에 강인하고, 또한 삽입한 멀티비트 정보를 삽입하고 뽑아내는 데 효율적인 방법임을 알 수 있다.

### 1. 서론

디지털 기술은 급속도로 성장해왔다. 또한 이미지, 비디오, 오디오의 디지털화는 급속도로 진행되고 있고, 네트워크를 통해 손쉽게 얻고 배포될 수 있게 되었다. 콘텐츠가 디지털화되면서 원래 화질과 음질의 변형없이 반 영구적으로 감상할 수 있게 되는 장점 외에도 손상없는 불법적인 복사로 인한 피해가 증가하고 있다. 즉, 디지털 이미지, 비디오, 오디오 등의 불법적인 복사와 유포는 저작권자의 저작권을 저하시켜 건전한 디지털 문화를 방해하고 있다. 워터마킹은 콘텐츠에 사람이 인지할 수 없는 신호를 삽입하여 콘텐츠의 저작권을 보호하는 기술로써 삽입되는 사용자 정보를 흔히 워터마크라 한다. 본 논문에서는 주로 워터마크를 정확히 추출하는 것을 돕기 위해 회전, 확대/축소, 전이, 잘라내기 등의 기하학적인 변형 정보를 알아내고 이를 바탕으로 삽입한 멀티비트 정보를 추출하는데 초점을 둔다.

#### Previous work

고전적인 이미지 워터마킹 방법은 기하학적인 변형에 강인하지 않다는 단점을 가지고 있다. Spread spectrum 방법[1,2,3]과 워터마크로 데이터를 대치하는 방법[4,5,6]이 그 대표적인 예라고 할 수 있다. 이것은 삽입했을 때의 워터마크와 이미지에 삽입된 워터마크와의 동기가 맞지 않기 때문이다.

J.J.K.O'Ruanaidh[8]는 회전과 확대/축소에 불변인 영역(RST invariant domain)을 만들어 워터마크를 삽입함으로써 기하학적인 변형에 대비하고자 하였다. 푸리에 변환의 계수의 크기와 위상성분중에 크기 성분이 전이(shift)에 불변인 특성을 가지고 있는데 이 특성을 이용하여 먼저 회전과 확대/축소를 전이 성분으로 변환하고 이를 푸리에 변환함으로써 기하학적인 변형에 대해 불변인 영역을 만들어 낸다. 회전과 확대/축소를 전이 성분으로 변환하기 위해 Log-polar 매핑(LPM)을 이용한다.

M. Kutter[9]는 일정한 크기의 워터마크를 이미지에 반복적으로 삽입하였다. 워터마크를 반복적으로 삽입하게 되면 삽입된 이미지의 자기상관(Autocorrelation function)을 구해보면 그림 1과 같이 주기적인 피크가 발생된다. 이 피크들의 좌표를 이용하여 이미지가 어떻게 변형되었는지 변형 매트릭스를 구한후 역 변환을 하여 이미지에 적용하게 되면 삽입했던 워터마크와의 동기가 맞게 된다.

Pereira and Pun 은 이미지에 기하학적인 변형을 알 수 있도록 뱀줄뿔을 삽입하였다[10]. 이미지 스펙트럼의 중간 주파수 영역에 삽입함으로써 동기를 맞추는 데 사용하였다.

본 논문에서는 멀티비트 정보를 삽입하고 다시 기하학적인 공격에 대비하여 RS정보를 삽입함으로써 이미지로부터 삽입한 정보를 뽑아내는 데 정보를 제공할 수 있도록 하였다.

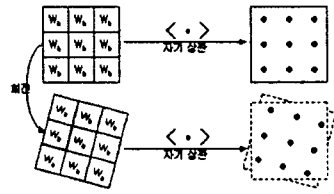


그림 1. Kutter 방법의 원리

### 2. 워터마크 삽입

본 논문에서는 이미지마다 두 개의 정보를 삽입한다. 하나는 사용자 정보(멀티비트 정보)이고 또 하나는 RS 정보이다. 사용자 정보는 이미지의 저작권 보호를 위해 사용되고 RS정보는 기하학적인 변형에 대비하여 사용자 정보를 효율적으로 뽑아내기 위해 사용된다. 사용자 정보와 RS 정보는 Base워터마크로 구성되어 있고 이 base 워터마크는  $\{-1, 1\}$ 로 구성되어 있다. 각각의 길이는 사용자 정보를 구성하기 위해 사용되는 base 워터마크는 128비 by 128비의 크기이고 RS 정보 삽입을 위해 사용되는 base 워터마크는 180의 길이를 가진다.

#### 2.1 사용자 정보 삽입

사용자 정보를 삽입하기 위한 과정이 그림 2에 설명되어 있다. 먼저, base 워터마크를 이용하여 사용자 정보를 정보 워터마크( $W_M$ )로 바꾼다.

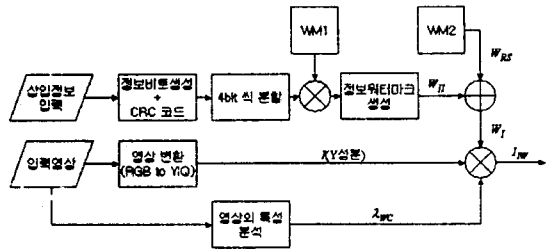


그림 2. 사용자 정보 삽입과정도

$W_r$ 를 만들어 내기 위한 과정은 다음과 같다.

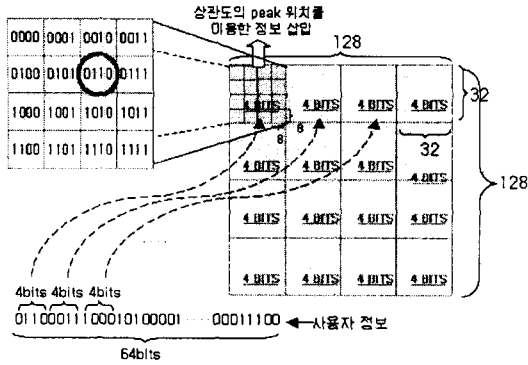


그림 3. 상관도의 피크의 위치를 이용한 정보 삽입

사용자 정보를 4bit씩 끊어서 그림3의 왼쪽에 있는 그림처럼 4bit의 정보에 따라 피크의 위치를 조정해 준다. 각 블록(32\*32)마다 4bit 정보를 표현한다. 이렇게 피크의 위치를 조정해 주기 위한 방법은 다음 그림 4와 같이 상관 특성을 이용한다. 즉, 데이터가 shift되면 shift된 만큼 피크의 위치가 이동하는 특성을 이용한다.

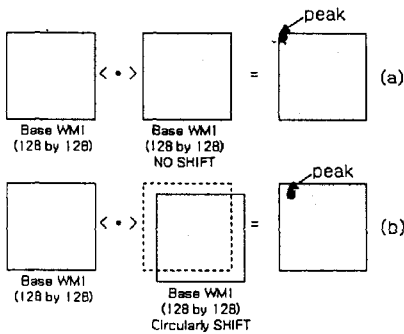


그림 4. 정보 표현을 위해 피크의 위치를 조정하기 방법.

어떻게 정보를 구성하여 워터마크를 삽입한 후 잘라내거나 쉬프트 등의 변형에 대비해  $W_{rs}$ 를 삽입한다.  $W_{rs}$ 는 피크의 위치를 조정하여 워터마크를 삽입하는 방법의 경우 피크의 위치가 그대로 정보에 해당하기 때문에 정확한 위치에서 피크가 발생하도록 동기를 맞추어 주는 역할을 한다.

2.2 RS 정보 삽입

기하학적인 변형에 대비하기 위해 삽입되는 RS정보는 다음과 같은 과정을 통해 삽입된다.

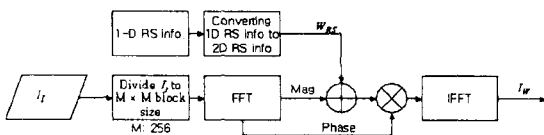


그림 5. RS 정보 삽입 과정도

먼저 1차원의 RS base 워터마크를 만든다. 이것은 길이가 180인 워터마크로써 이것을 2차원으로 다시 구성한다. 256 by 256의 빈 공간에 원형으로 동글게 1차원 RS base 워터마크를 배치시킴으로써 2차원의 RS 워터마크를 구성한다. 이것을 256 by 256으로 분할된 이미지의 스펙트럼에 삽입하고 역과정을 통해 RS 정보 삽입과정을 마무리한다.

3. 워터마크 추출

워터마크 추출 과정도 역시 두 과정을 거친다. 먼저, RS정보를 추출함으로써 이미지에 기하학적인 변형이 있었는지를 검사하고, 이 정보를 이용해서 삽입된 사용자 정보를 추출한다.

3.1 RS 정보 추출

먼저, 입력된 이미지를 256 by 256으로 분할한 뒤 FFT를 수행하고 크기 성분만을 살펴본다. 만일 이 이미지에 RS정보가 삽입되어 있다면 그림 6의 (a)와 같이 나타난다. 이 데이터에 대해 circular projection을 수행하여 1차원의 시퀀스(길이 180)를 만들어 낸다.

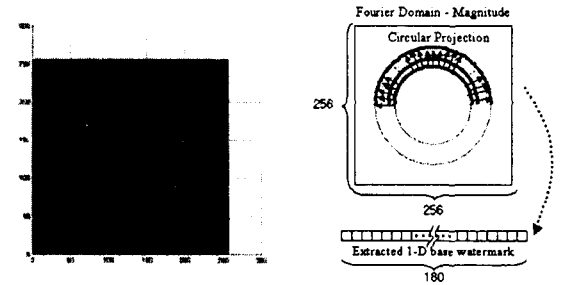


그림 6. (a)RS정보가 삽입된 이미지 스펙트럼과 (b)추출 방법

뽑아낸 1차원의 시퀀스와 RS정보 삽입시 사용된 1차원의 RS base 워터마크의 상관도를 구하여 입력된 이미지의 변형 정도를 추출한다. 그림 7은 이미지에 회전 변형이 나타났을 때의 상관도의 모양을 나타낸다.

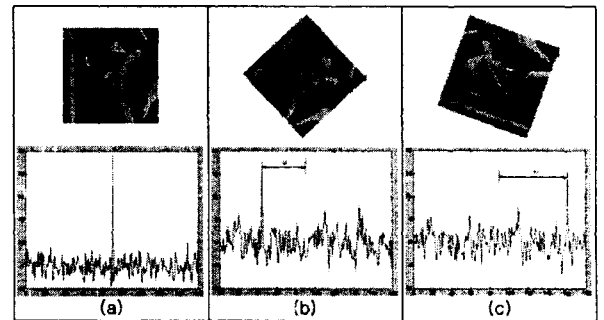


그림 7. 이미지 회전에 대한 상관도 피크의 이동.

그림 8은 이미지에 스케일링 변형에 대한 이미지 스펙트럼의 모양을 보여주고 있다. 이미지가 확대 또는 축소됨에 따라 삽입된 RS 정보의 피가 움직이고 있음을 볼 수 있다.

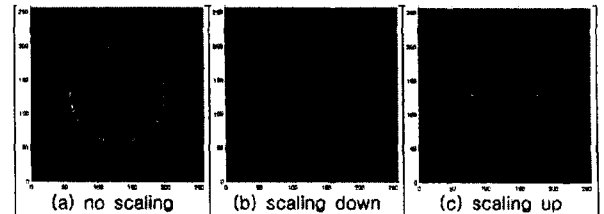


그림 8. 이미지 확대/축소에 따른 이미지 스펙트럼 모양.

그림 7과 8에서 보여진 것처럼 삽입된 변형 띠를 추출함으로써 이미지가 어떻게 변형되었는지를 판단할 수 있다. 역과정을 통해 입력 이미지를 변형시켜주면 삽입된 사용자 정보를 추출하는 데 동기를 맞출 수 있다.

3.2 사용자 정보 추출

사용자 정보를 추출하기에 앞서 이미지가 shift되거나 잘라내질 수 있다. 이렇게 되면 base 워터마크(128 by 128)와의 상관 특성의 피크 위치가 바뀌게 되기 때문에 제대로 된 정보를 추출할 수 없다. 따라서 이를 위해 본 논문에서는  $W_{128}$ 를 삽입하였었다.  $W_{128}$ 를 이용하여 이미지의 동기를 다시 한번 맞춘 후 사용자 정보를 추출한다. 정보 워터마크를 구성하기 위해 사용된 base 워터마크와의 상관도를 구해보면 그림 9와 같다. 32 by 32 블록마다 나타난 피크의 위치를 해석하여 삽입된 사용자 정보를 구성한다.

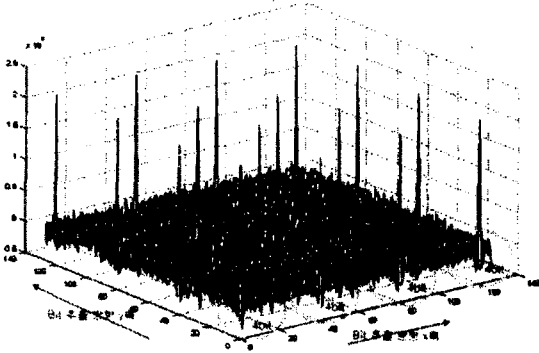


그림 9. 사용자 정보 추출을 위한 base 워터마크와의 상관 특성

그림에서처럼 정보 추출 방향에 따라 4bits 씩 추출하여 삽입된 사용자 정보를 추출한다..

4. 실험 결과

이 글에서는 제안한 알고리즘의 기하학적인 공격에 대한 강인성을 실험한다. 총 12장의 서로다른 특성을 가진 이미지를 선정하였다. 이미지로는 고주파 성분을 많이 가지는 baboon, gold-hill, air-field, bridge 이미지와 비교적 픽셀값들의 변화가 심하지 않은 plane, camera-man, Lena, peppers, teapot, Barbara, Woman의 이미지를 대상으로 한다. 이들 이미지에 일정한 사용자 정보를 삽입하고, 회전, 확대/축소, 잘라내기, shift 등의 기하학적인 변형을 가했을 때 사용자 정보를 추출할 수 있는 지를 실험한다.

표1. 기하학적인 공격에 대한 실험결과

Distortions	degree	Embedded Info.	Extracted Info.	BER(%)
회전(°)	1	12345678	12345678	0
	2	12345678	12345678	0
	5	12345678	12345678	0
	10	12345678	12345678	0
	15	12345678	12345678	0
	30	12345678	12345678	0
	50	12345678	12345678	0
	80	12345678	12345678	0
확대/축소(%)	50	12345678	x	29.2
	60	12345678	12345678	12.5
	80	12345678	12345678	0
	110	12345678	12345678	0
	150	12345678	12345678	0
	200	12345678	12345678	4.8
켄이(cutting, cropping, shift)		12345678	12345678	0
		12345678	12345678	0
RST(rotation scaling translation)	R5,S60,T	12345678	12345678	15.8
	R15,S80,T	12345678	12345678	0
	R50,S110,T	12345678	12345678	0
	R80,S150,T	12345678	12345678	0

위에서 BER은 비트 에러율을 나타내는 것으로 삽입한 비트와 추출한 비트를 비교하여 에러가 나는 확률을 구한 것이다.

$$BER = \frac{\text{error bits}}{\text{embedded bits}} \times 100(\%) \quad (1)$$

위의 실험 결과에서 이미지가 50%로 축소되었을 때와 200%로 확대되었을 때 상대적으로 높은 BER을 보인다. 이것은 심하게 확대되거나 축소되었을 때 이미지 스트리트럼의 원형 따라 영역 밖으로 나가거나 너무 안으로 들어와 작아져서 생기는 것이다.

5. 결론

본 논문에서는 기하학적인 변형이 생겨도 이미지에 삽입된 멀티 비트 정보를 추출할 수 있는 알고리즘을 소개하였다. 이를 위해 워터마크를 세 종류를 삽입한다. 사용자 정보를 표현할 수 있는 워터마크와, 원이 변형에 대비한 등기 워터마크, 그리고 주파수 영역에서 삽입되는 RS 워터마크이다.

사용자 정보를 삽입하기 위해 기존의 방식과는 다르게 위치 정보를 이용하여 정보를 표시함으로써 적은 양의 base워터마크로 많은 정보를 표시할 수 있게 되었다. 이것은 부가적으로 워터마크를 삽입했을 때 이미지의 품질을 개선시키는 역할도 제공한다. 또한, 정보를 추출시 사용되었던 base 워터마크(128 by 128)와의 상관도를 한번 구함으로써 삽입된 정보가 추출되어 워터마크 추출시간을 단축할 수 있었다.

REFERENCE

- [1] I. Cox, J. Killian, T. Lighton, and T. Shamon. "Secure spread spectrum watermarking for multimedia." IEEE Trans. Image Processing, vol. 6, pp. 1673-1687, Dec. 1997.
- [2] I. Pitas and T. Kaskalis. "Applying signatures on digital images." in Proc. Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, June 1995. pp. 460-463.
- [3] A. Z. Tirkel, G. Rankin, R. Schyndel, and C. F. Osborne. "Electronic watermark." in DICTA, Austin, TX, Dec. 1993. pp. 666-672.
- [4] B. Chen and G. W. Wornell. "An information-theoretic approach to the design of robust digital watermarking systems." in Proc. IEEE-ICASSP '99, Phoenix, AZ, Mar. 1999.
- [5] D. Kundur and D. Hatzinakos. "Digital watermarking using multi-resolution wavelet decomposition." in Proc. IEEE ICASSP '98, vol. 5, Seattle, WA, May 1998. pp.2659-2662.
- [6] M. J. J. Meas and C. W. A. M. van Overveld. "Digital Watermarking by Geometric Warping." in Proc. IEEE-ICIP '98, vol. 2, Chicago, IL, Oct. 1998, pp. 424-429.
- [7] E. Koch and J. Zhao. "Embedding robust labels into images for copyright protection." Fraunhofer Inst. Computer Graphics, Darmstadt, Germany, Tech. Rep., 1994.
- [8] J. J. K. ORuanaidh and T. Pun. "Rotation, scale and translation invariant spread spectrum digital image watermarking." Signal Processing 66(3), pp. 303-317. 1998.
- [9] M. Kutter. "Watermarking resisting to translation, rotation and scaling." Proc. SPIE, vol. 3528, pp. 423-431, Nov. 1998.
- [10] S. Pereira and T. Pun. "Fast robust template matching for affine resistant image watermarking." in International Workshop on Information Hiding, ser. Lecture Notes in Computer Science, Berlin, Germany: Springer-Verlag, Sept. 29-Oct. 1, 1999, vol. LNCS 1768, pp. 200-210.